



**(43) Veröffentlichungstag:**  
**17.09.1997 Patentblatt 1997/38**

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: **C23C 14/35, C23C 14/54**

(21) Anmeldenummer: 96119943.7

**(22) Anmeldetag: 12.12.1996**

**(84) Benannte Vertragsstaaten:**  
**BE CH DE ES FR GB IT LI LU NL SE**

**(30) Priorität: 14.03.1996 DE 19609970**

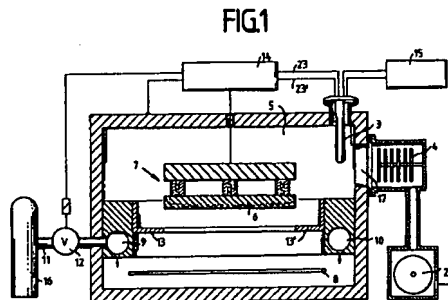
(71) Anmelder: Leybold Systems GmbH  
D-63450 Hanau am Main (DE)

**(72) Erfinder:**

- Szczyrbowski, Joachim, Dr.  
63773 Goldbach (DE)
- Teschner, Götz  
63450 Hanau (DE)
- Bruch, Jürgen  
63546 Hammersbach (DE)

**(54) Vorrichtung zum Aufbringen dünner Schichten auf ein Substrat**

(57) Bei einer Vorrichtung zum Aufbringen dünner Schichten auf ein Substrat (8), umfassend eine Stromversorgung (14), die mit einer in einer Vakuumkammer (5) angeordneten Kathode (7) verbunden ist und mit einem Target (6) zusammenwirkt, und mit einer Prozeßgasquelle (16), die mit der Vakuumkammer (5) verbunden ist, wobei zwischen Vakuumkammer (5) und Prozeßgasquelle (16) ein von einem Regler gesteuertes Dosierventil (12) eingeschaltet ist und mit mindestens einer Vakuumpumpe (4), deren Saugseite mit der Vakuumkammer (5) verbunden ist, gekennzeichnet durch einen Meßfühler (3), insbesondere einer potentiometrischen Meßelektrode, die den Anteil eines Gases in der Vakuumkammer (5) oder in einer mit der Vakuumkammer (5) verbundenen Zuleitung (17) über eine Referenzelektrode mit einem Referenzgas oder einem die Referenzelektrode ersetzenden Festkörper vergleicht und das sogenannte Signal bzw. die zustande kommende Potentialdifferenz an die einen Signalverstärker einschließende Regeleinheit (14) weiterleitet, die ihrerseits den Generator der Stromversorgung ansteuert.



**EP 0 795 623 A1**

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Aufbringen dünner Schichten auf ein Substrat, umfassend eine Stromversorgung, die mit einer in einer Vakuumkammer angeordneten Kathode verbunden ist und mit einem Target zusammenwirkt, dessen abgestäubte Teilchen sich auf dem Substrat niederschlagen, das dem Target gegenüberliegend angeordnet ist, eine Prozeßgasquelle, die mit der Vakuumkammer verbunden ist und die Evakuierung der Vakuumkammer ermöglicht.

Um einen stabilen Sputterprozeß am gewünschten Arbeitspunkt zu gewährleisten, ist eine sehr genaue Regelung der Kathodenstromversorgung bei konstantem Gaseinlaß erforderlich. Die einfachsten Regelmodi sind hierfür die Strom-, die Spannungs- und die Leistungsregelung. Diese Regelungen allein reichen jedoch nicht aus, um eine Sputterkathode über einen längeren Zeitraum im kritischen Bereich der Stromspannungscharakteristik zu fahren (z. B. im Übergangsbereich zwischen metallischem und oxidischem Mode).

Man hat deshalb bereits vorgeschlagen, die Regelung des Gaseinlasses bei konstanter Leistungseinspeisung mit Hilfe eines Plasma-Emission-Monitors durchzuführen (DD 271 827 13). Bei dieser bekannten Einrichtung zum stabilen Betrieb, bestehend aus einem Plasma-Emissions-Monitor mit Meßsystem zur Umwandlung eines optischen Signals in ein elektrisches Signal und einer gemeinsamen Stromversorgung mit einer Umschalteneinrichtung zum Pulsbetrieb des Plasmatrons ist jedem Plasmatron ein Meßsystem zugeordnet, deren Ausgänge über Haltestufen an eine Überlagerungseinrichtung angeschlossen sind, wobei die Umschalteneinrichtung über Steuerstufen mit Überlagerungseinrichtung verbunden ist und wobei an der Überlagerungseinrichtung ausgangszeitig der Plasma-Emissions-Monitor und das Ventil für den Reaktionsgaseinlaß angeschlossen sind.

Bekannt ist auch ein Verfahren zur Kontrolle der Aufdampfrate (DAS 27 00 979) und/oder der Zusammensetzung des aufzudampfenden Materials während eines Aufdampfprozesses im Vakuum, bei dem ein Anteil des aufzudampfenden Materials eine Meßzone durchströmt, in der das aufzudampfende Material einer Strahlung ausgesetzt wird, wobei die Art der Strahlung so gewählt wird, daß die Elektronen von zumindest einem Teil der die Meßzone durchströmenden Atome des aufzudampfenden Materials auf ein höheres Energieniveau gehoben werden, und daß die beim Rückübergang in den niedrigen Energiezustand entstehenden Photonen als Maß für die Aufdampfrate bzw. als Informationssignal für die Zusammensetzung des aufzudampfenden Materials registriert werden.

Diese bekannten Regelungen mittels eines Plasma-Emissions-Monitors bzw. nach DAS 24 00 979 haben jedoch den Nachteil, daß sie sehr teuer in der Herstellung sind, daß sie eine hohe Empfindlichkeit gegenüber Fremdlichtreflexen aufweisen, daß sie eine besonders genaue Justage erfordern und daß sie eine

hohe Empfindlichkeit gegenüber unkontrollierten Sputtergasdotierungen besitzen.

Diese optischen Meßverfahren haben außerdem für Anlagen, die im Dauerbetrieb beschichten einen entscheidenden Nachteil. Sie benötigen ein Fenster zur Lichtauskopplung. Dieses Fenster wird durch Streudampf beschichtet, wodurch sich die optischen Eigenschaften des Fensters und somit die Meßwerte ändern.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung des eingangs beschriebenen Typs zu schaffen, die die Nachteile der bekannten Regelvorrichtungen vermeidet und insbesondere preiswert in der Herstellung ist und einen robusten Langzeitbetrieb ermöglicht.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch einen Meßfühler, beispielsweise einer potentiometrischen Meßelektrode, die den Anteil eines Gases in der Vakuumkammer oder in einer mit der Vakuumkammer verbundenen Zuleitung mit einem Referenzgas vergleicht und das gewonnene Signal bzw. die zustande kommende Potentialdifferenz an die einen Signalverstärker einschließende Regeleinheit weiterleitet, die ihrerseits den Generator der Stromversorgung ansteuert.

Weitere Einzelheiten und Merkmale sind in den Unteransprüchen näher beschrieben und gekennzeichnet.

Die Erfindung läßt die verschiedensten Ausführungsmöglichkeiten zu; drei davon sind in den anhängenden Zeichnungen (Fig. 1 bis Fig. 3) schematisch näher dargestellt. Die beiliegenden Zeichnungen:

Fig. 1 das Schema einer Sputteranlage mit Magnetron-Kathode, Vakuumpumpe, Lambda-Sonde, Prozeßgasbehälter und Gasregelventil, wobei die Lambda-Sonde innerhalb der Vakuumkammer im Bereich des Sauganschlusses der Vakuumpumpe angeordnet ist,

Fig. 2 das Schema einer ähnlichen Anlage (wie in Fig. 1), jedoch mit Haupt- und Vorpumpe, wobei die Lambda-Sonde in der Verbindungsleitung der beiden Pumpen vorgesehen ist,

Fig. 3 das Schema einer Anlage mit einer zusätzlichen Vakuumpumpe, deren Saug- und Druckseite mit der Vakuumkammer verbunden sind, wobei eine Drossel und die Lambda-Sonde in die Druckleitung der Pumpe eingeschaltet sind und

Fig. 4 den Stromlaufplan der Verstärkereinheit für den Generator

Die Vorrichtung gemäß Fig. 1 besteht im wesentlichen aus der in der Vakuumkammer 5 angeordneten Sputterkathode 7 mit Target 6, dem unterhalb des Tar-

gets 6 gehaltenen Substrat 8, den beiden seitlich der Kathode vorgesehenen Gaskanälen 9, 10 mit Gaseinlaßleitung 11, Gasvorratsbehälter 16 und Gasflußregelventil 12, der Blende 13, 13', der Stromversorgung mit Regler 14, der Lambda-Sonde 3 mit Sondenheizung 15 und der Vakuumpumpe 4 mit Vorpumpe 2.

Die Lambda-Sonde 3 ist direkt vor der Turbomolekularpumpe 4 im Bereich des Ansaugstutzens 17 angeordnet. Das Target 6 besteht aus Titan und wird in einem Argon-Sauerstoff-Gemisch gesputtert, wobei eine  $TiO_2$ -Schicht auf dem Substrat 8 aufwächst. Für die Prozeßregelung dient die Lambda-Sonde 3 mit Zirkonoxid-Elektrolyt, die einen guten Sauerstoffionenleiter bildet.

Die SONDENSspannung ist eine Funktion des kontrollierten Gases "Sauerstoff". Den Referenzdruck bildet der Sauerstoffpartialdruck der umgebenden Atmosphäre. Um eventuelle Schwankungen der SONDENSspannung, die durch Schwankungen des Luftdrucks und/oder der SONDENTemperatur verursacht werden können, zu eliminieren, müssen beide Größen stabilisiert werden. Der Sputterprozeß wird mit konstantem Sauerstofffluß durchgeführt.

Die SONDENSspannung ist eine Funktion des Sauerstoffpartialdrucks in der Sputterkammer 5 und dient der Leistungsregelung der Kathodenstromversorgung.

Die Ausführungsform gemäß Fig. 2 unterscheidet sich von derjenigen nach Fig. 1 nur dadurch, daß die Lambda-Sonde 3' in die Verbindungsleitung 18 eingeschaltet ist, also in einem mit dem Druck in der Vakuumkammer 5 korrespondierenden Druckbereich mißt.

Das Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 weist eine Lambda-Sonde 3" auf, die in die Druckleitung 22 einer mit der Vakuumkammer 5 verbundenen Vakuumpumpe 20 angeschlossen ist die in die Vakuumkammer 5 einmündet, wobei in diese Druckleitung eine Drossel 21 eingeschaltet ist. Die Lambda-Sonde 3" ist zwischen den Vakuumpumpen und der Drossel eingeordnet.

In Fig. 4 ist der zwischen dem Generator zur Stromversorgung der Kathode 7 und der Lambda-Sonde 3, 3', 3" zu einer Einheit 14 zusammengefaßte Verstärker dargestellt, der einerseits das über die Leitung 23, 23' geführte Signal der Lambda-Sonde 3, 3', 3" erhält und andererseits den Steuerstrom für den Generator, beispielsweise einen MF-Generator, liefert.

#### Bezugszeichenliste

2	Vakuumpumpe, Vorpumpe
3, 3', 3"	Lambda-Sonde
4	Vakuumpumpe
5	Vakuumkammer
6	Target
7	Magnetronkathode
8	Substrat
9	Gaskanal
10	Gaskanal
11	Gaseinlaßleitung
12	Magnetventil

13, 13'	Blende
14	Regler mit Stromversorgung
15	Sondenheizung
16	Gasbehälter
17	Ansaugstutzen der Vakuumpumpe
18	Verbindungsleitung
19	Pumpenanschluß
20	Vakuumpumpe
21	Drossel
22	Druckleitung
23, 23'	Signalleitung

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Aufbringen dünner Schichten auf ein Substrat (8), umfassend eine Stromversorgung (14), die mit einer in einer Vakuumkammer (5) angeordneten Kathode (7) verbunden ist und mit einem Target (6) zusammenwirkt, dessen abgestäubte Teilchen sich auf dem Substrat (18) niederschlagen, das dem Target (6) gegenüberliegend angeordnet ist, eine Prozeßgasquelle (16), die mit der Vakuumkammer (5) verbunden ist, wobei zwischen Vakuumkammer (5) und Prozeßgasquelle (16) ein von einem Regler gesteuertes Dosierventil (12) eingeschaltet ist und mit mindestens einer Vakuumpumpe (2, 4, 20), deren Saugseite mit der Vakuumkammer (5) verbunden ist, gekennzeichnet durch einen Meßfühler (3, 3', 3"), insbesondere einer potentiometrischen Meßelektrode, die den Anteil eines Gases in der Vakuumkammer (5) oder in einer mit der Vakuumkammer (5) verbundenen Zuleitung (17) über eine Referenzelektrode mit einem Referenzgas oder einem die Referenzelektrode ersetzenden Festkörper vergleicht und das sogenannte Signal bzw. die zustande kommende Potentialdifferenz an die einen Signalverstärker einschließende Regeleinheit (14) weiterleitet, die ihrerseits den Generator der Stromversorgung ansteuert.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßelektrode eine sogen. Lambda-Sonde 3, 3', 3" und das Prozeßgas Sauerstoff ist.
3. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßelektrode (3) in dem Bereich der Ansaugöffnung (17) für die Vakuumpumpe (4) angeordnet ist.
4. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßelektrode (3) in der Verbindungsleitung (18) zwischen Vorpumpe (2) und Hauptpumpe (4) eingeschaltet ist.
5. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßelektrode (3") in die an die Vakuumkammer (5) angeschlos-

sene Druckleitung (22) einer Vakuumpumpe (20) eingeschaltet ist, wobei im Verbindungsstück der Druckleitung (22) zwischen Meßelektrode (3") und der Vakuumkammer (5) eine Drossel (21) angeordnet ist, und die Vakuumpumpe (20) mit ihrer Saugseite direkt mit der Vakuumkammer (5) verbunden ist.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

4

151

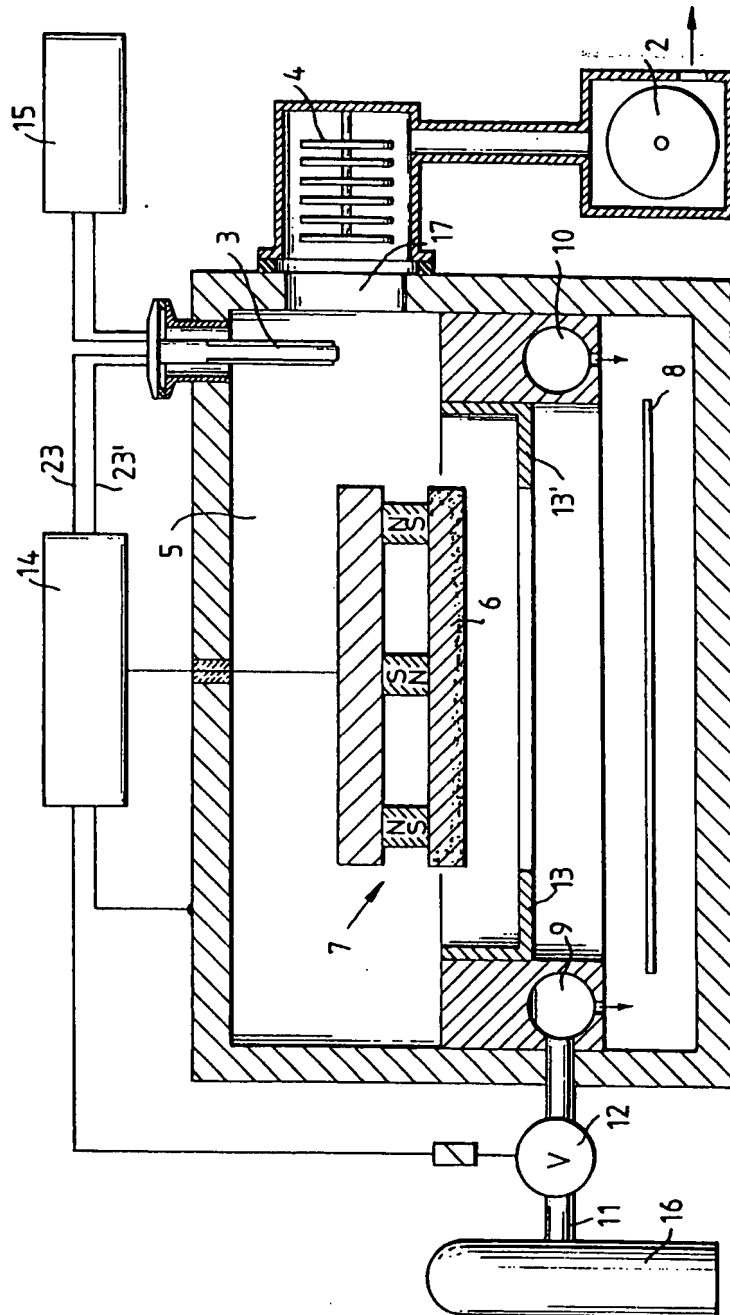


FIG.2

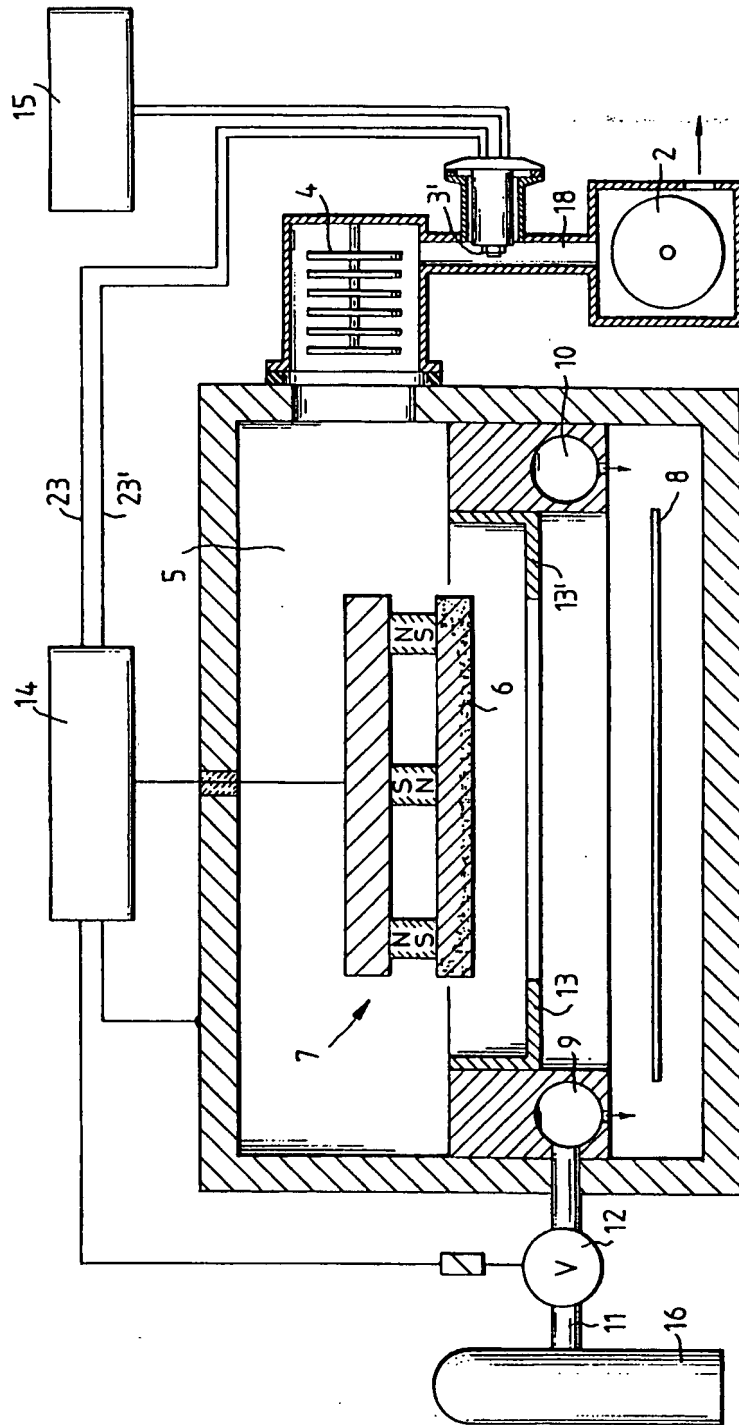


FIG. 3

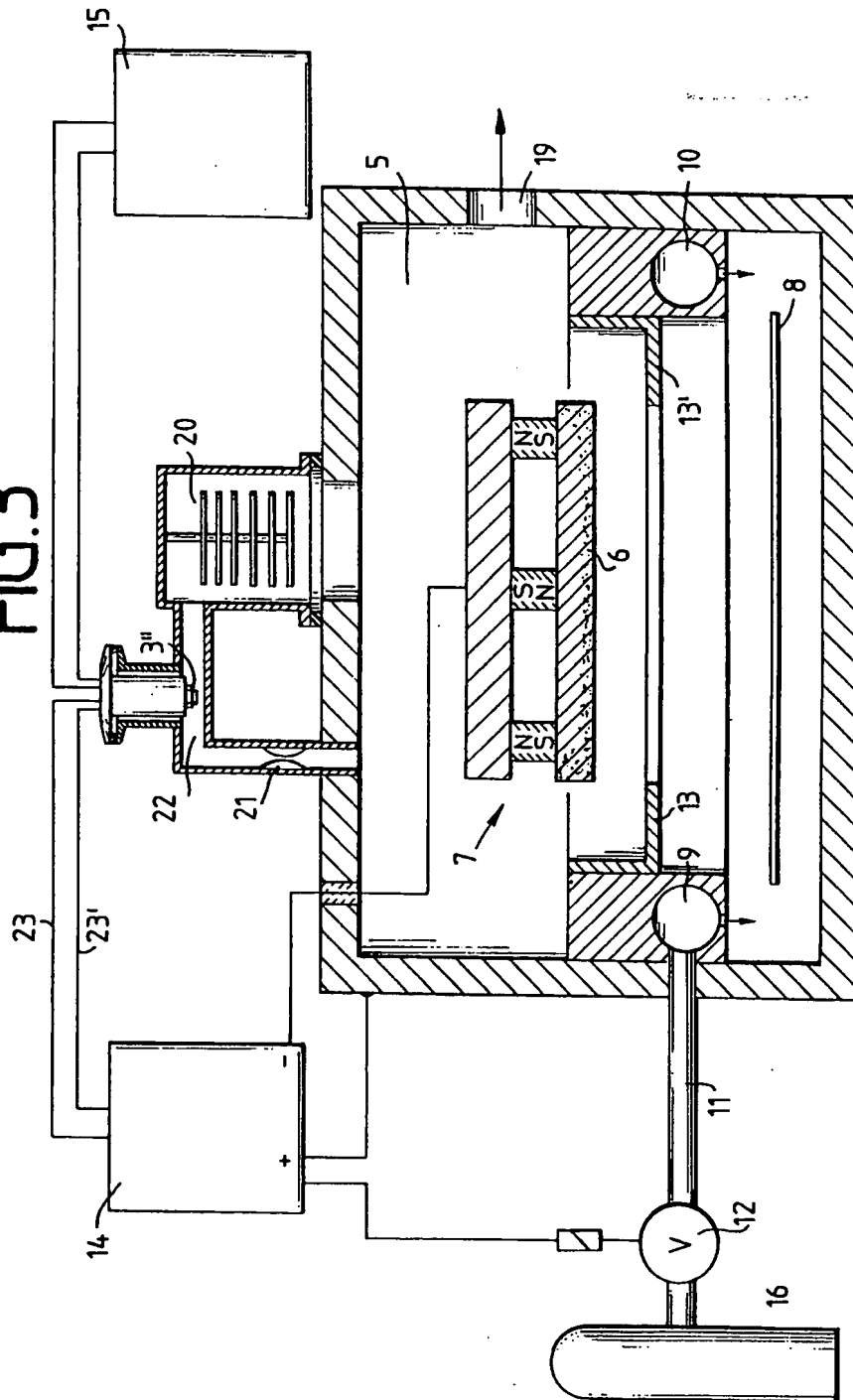
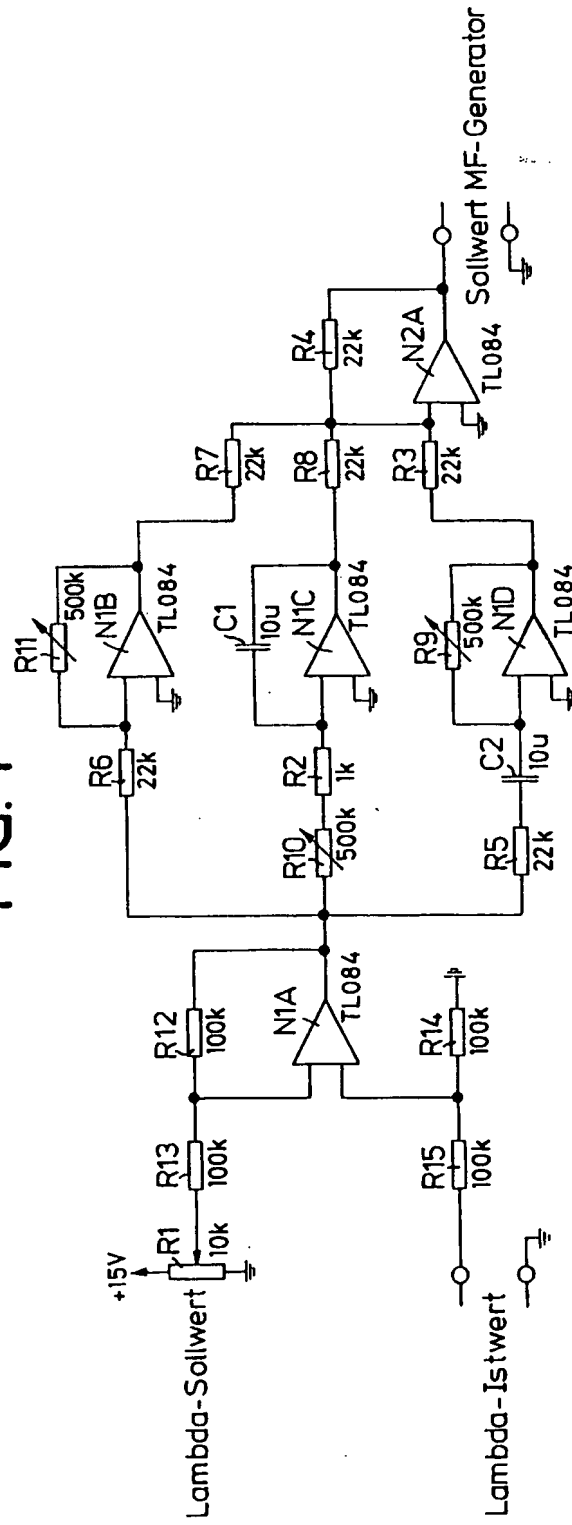


FIG. 4





Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 96 11 9943

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A	US 4 428 811 A (SPROUL WILLIAM D ET AL) 31. Januar 1984 * Spalte 4, Zeile 4 - Spalte 5, Zeile 38; Abbildung 1 *	1	C23C14/35 C23C14/54
A,D	DE 27 00 979 A (LEYBOLD HERAEUS INFICON) 4. August 1977 ---		
A	DE 41 38 927 A (LEYBOLD AG) 3. Juni 1993 -----		
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			C23C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 24. Juni 1997	Prüfer Patterson, A
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderer Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument ----- A : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 150 (04/97) (P04C01)